ESTUDO DE VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS UTILIZANDO A METODOLOGIA "GOD" PARA A ÁREA URBANA DE ARAGUAÍNA/TO

Luís Eduardo BOVOLATO[1]

Resumo

Devido ao custo relativamente baixo de captação e ser geralmente de boa qualidade, as águas subterrâneas têm freqüentemente sido a fonte preferencial de suprimento em sistemas públicos, assim como largamente explorada para usos domésticos e industriais.

A urbanização e a industrialização têm, entretanto, causado efeitos profundos nas fontes de água subterrânea em áreas urbanas, as quais estão intrinsecamente ligadas ao suprimento de água potável e à prática de disposição de efluentes em sistemas complexos como os núcleos urbanos.

O subsolo toma um papel chave na disposição dos esgotos urbanos devido ao crescimento de práticas inadequadas de saneamento, recebendo toda a sorte possível de contaminantes quer sejam de origem doméstica ou industrial. Desta forma, alterações no comportamento dos fluxos hidráulicos dos aquíferos e na qualidade da água subterrânea, podem exercer um forte impacto negativo na qualidade dos mananciais subterrâneos.

A preocupação com a contaminação da água subterrânea em áreas urbanas nos levou com este trabalho, a partir da interação entre as unidades básicas de relevo e dados geológicos/hidrogeológicos, a produzir uma carta de vulnerabilidade natural de aquíferos para a cidade de Araguaína, com base na metodologia "GOD" (**G** – groundwater hydraulic confinement; **O** – overlaying strata; **D** – depth to groundwater table), desenvolvida por Foster (1987), apud Foster e Hirata (1998).

A vulnerabilidade de um aquífero é função da inacessibilidade hidráulica à penetração de contaminantes e à capacidade de atenuação como resultado de sua retenção física e reação química com os agentes contaminantes. Estas duas componentes da vulnerabilidade interagem com as seguintes componentes dos contaminantes:

a) forma de disposição do contaminante no solo e a magnitude de qualquer carga hidráulica associada;

b) mobilidade e persistência da classe do contaminante.

O tempo de residência na zona não saturada e o retardamento da chegada do contaminante ao aquífero, bem como o seu grau de atenuação, retenção ou eliminação são determinados pela interação daquelas propriedades.

Na cidade de Araguaína, Estado do Tocantins, todo o abastecimento público urbano é feito através da captação em poços profundos e, uma vez que a cidade não possui redes coletoras de esgotos, todo o saneamento urbano é feito através da disposição *in situ* dos efluentes domésticos. Esta situação, dependendo das características dos perfis de solo e rocha que se sobrepõe às rochas armazenadoras e fornecedoras de água subterrânea, podem levar ao comprometimento da qualidade dessas águas através da contaminação por elementos alienígenos ao sistema hídrico subterrâneo local (BOVOLATO, 1998).

[1] Universidade Federal do Tocantins, Professor Assistente, lebovolato@uol.com.br

Portanto, a confecção de cartas de vulnerabilidade à contaminação da água subterrânea podem se constituir em uma importante ferramenta nos estudos de planejamento urbano e ordenamento territorial.

Introdução

A água subterrânea é de grande importância em termos econômicos e de saúde social para populações urbanas do mundo. Não há estatísticas exatas a respeito do volume de água utilizada para abastecimento público proveniente da captação subterrânea, embora algo em torno de 50% de toda a água urbana consumida no mundo seja captada em poços e fontes (Clarke, Lawrence e Foster, 1995).

Devido ao custo relativamente baixo de captação e ser geralmente de boa qualidade, as águas subterrâneas têm freqüentemente sido a fonte preferencial de suprimento em sistemas públicos, assim como largamente explorada para usos domésticos e industriais.

A urbanização e a industrialização têm, entretanto, causado efeitos profundos nas fontes de água subterrânea em áreas urbanas, as quais estão intrinsecamente ligadas ao suprimento de água potável e à prática de disposição de efluentes em sistemas complexos como os núcleos urbanos.

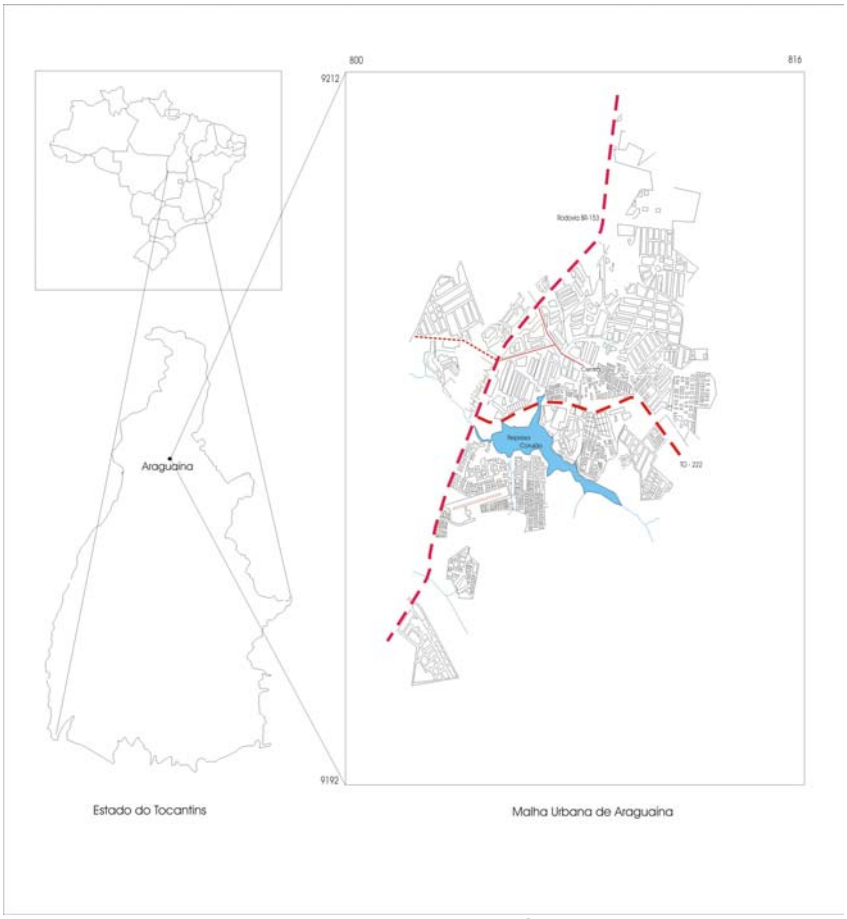

Figura 1. Mapa de localização da área de pesquisa

O subsolo toma um papel chave na disposição dos esgotos urbanos devido ao crescimento de práticas inadequadas de saneamento, recebendo toda a sorte possível de contaminantes quer sejam de origem doméstica ou industrial. Desta forma, alterações no comportamento dos fluxos hidráulicos dos aquíferos e na qualidade da água subterrânea, podem exercer um forte impacto negativo na qualidade dos mananciais subterrâneos.

Os efeitos do suprimento de água em núcleos urbanos e da disposição de esgotos não estão limitados a área geográfica ocupada pelas cidades. Com a sua expansão, as cidades podem degradar as suas áreas periféricas, influenciando negativamente naquelas áreas que se constituem em pontos de recarga dos sistemas hídricos subterrâneos, quer seja através do saneamento *in situ*, quer seja através de descargas industriais, disposição de resíduos sólidos e, em menor proporção, devido à infiltração de cursos superficiais poluídos.

Muita atenção tem sido dada aos impactos da urbanização sobre os cursos d'água superficiais, em especial quando por ocasião da elevação dos picos de *runoff* e da deterioração da qualidade de suas águas. Entretanto, a urbanização também afeta o sistema de água subterrânea de duas principais formas:

Por mudanças radicais no padrão e razão de recarga dos aqüíferos;

Pelos impactos adversos na qualidade desta recarga.

Estas mudanças, entretanto, não podem ser medidas diretamente, são difíceis de serem quantificadas e poderão estar relacionadas ao uso pretérito da superfície.

Um fato comum em relação aos processos envolvidos na urbanização é que resulta em impermeabilização (através da compactação dos solos e pavimentação) de uma significante proporção da área superficial e a maior parte da água provém, muitas vezes, de áreas que extrapolam os limites urbanos.

Arranjos de sistemas de saneamento e drenagem, os quais são fundamentais quando consideramos o ciclo hidrológico urbano, expandem-se com o tempo e variam amplamente em função dos diferentes padrões de desenvolvimento urbano.

As mudanças na recarga dos aqüíferos causadas pela urbanização por sua vez influenciam os níveis da água subterrânea e os regimes de fluxo nos aqüíferos. Isto pode levar muitos anos, uma vez que a constante de resposta dos aqüíferos são normalmente maiores que todos os componentes do ciclo hidrológico urbano. Conseqüentemente, levarão muitos anos antes que os aqüíferos alcancem o equilíbrio com as mudanças hidrológicas induzidas pelos processos de urbanização.

Alguns processos relacionados à urbanização podem causar mudanças radicais na qualidade desta recarga. Esta tem sido a causa de severos problemas, porém essencialmente difusos, relacionados à contaminação da água subterrânea por compostos nitrogenados (normalmente nitrato, mas às vezes amônia), elevação dos níveis de salinidade (especialmente sódio e cloreto) e elevadas concentrações de carbono orgânico dissolvido que, por sua vez, causa o aumento da solubilidade do ferro e de outros metais (FOSTER et al, 1999). Contaminação da água subterrânea por hidrocarbonetos e compostos orgânicos sintéticos, além de bactérias patogênicas e vírus também é encontrada.

A variabilidade e a intensidade da poluição das águas subterrâneas guardará relação com a vulnerabilidade do aqüífero, com as características dos esgotos e do arranjo dos sistemas de saneamento. A degradação da qualidade da água subterrânea por sua vez impactará a disponibilidade de suprimento de água.

Esta breve introdução à temática da contaminação da água subterrânea em áreas urbanas nos leva com este trabalho, a partir da interação entre as unidades básicas de relevo e dados geológicos/hidrogeológicos a produzir uma carta de vulnerabilidade natural de aquíferos com base em metodologia "GOD" desenvolvida por Foster (1987) apud Foster e Hirata (1998) .

Em Araguaína (figura 1) todo o abastecimento público urbano é feito através da captação em poços profundos e, uma vez que a cidade não possui redes coletoras de esgotos, todo o

saneamento urbano é feito através da disposição *in situ* dos efluentes domésticos (BOVOLATO, 1998). Esta situação, dependendo das características dos perfis de solo e rocha que se sobrepõe às rochas armazenadoras e fornecedoras de água subterrânea, podem levar ao comprometimento da qualidade dessas águas através da contaminação por elementos alienígenos ao sistema hídrico subterrâneo local.

Foster (1987), apud Foster e Hirata (1988), esclarece que a expressão "vulnerabilidade à contaminação do aquífero é usada para representar as características intrínsecas que determinam as susceptibilidades de um aquífero a ser adversamente afetado por uma carga contaminante".

A vulnerabilidade de um aquífero é função da inacessibilidade hidráulica à penetração de contaminantes e à capacidade de atenuação como resultado de sua retenção física e reação química com os agentes contaminantes. Estas duas componentes da vulnerabilidade interagem com as seguintes componentes dos contaminantes:

a) forma de disposição do contaminante no solo e a magnitude de qualquer carga hidráulica associada;

b) mobilidade e persistência da classe do contaminante.

O tempo de residência na zona não saturada e o retardamento da chegada do contaminante ao aquífero, bem como o seu grau de atenuação, retenção ou eliminação são determinados pela interação daquelas propriedades.

O mais coerente é avaliar a vulnerabilidade a cada contaminante ou a cada classe de contaminantes, ou a cada grupo de atividades potencialmente poluidoras.

Foster e Hirata (1998), continuando a exposição de sua metodologia, indicam os mapas como sendo a melhor maneira de representar a vulnerabilidade de aquíferos.

Na prática, os componentes da vulnerabilidade do aquífero muitas vezes não são diretamente mensuráveis, mas tão somente determinados por várias combinações de outros fatores. Estes outros fatores geralmente não estão disponíveis e nem são facilmente estimados. Deste modo, quando se deseja desenvolver um esquema prático de avaliação do risco de contaminação das águas subterrâneas, tornam-se inevitáveis a redução e a simplificação da lista de parâmetros a serem estimados.

Caso a seleção dos parâmetros se baseie em dados provavelmente disponíveis ou facilmente coletáveis, ter-se-ia a seguinte redução radical:

tipo de ocorrência da água subterrânea;

características das litologias até o nível da água em função da textura e do grau de consolidação;

profundidade do nível da água.

Métodos e Técnicas

Para a definição da vulnerabilidade das diferentes áreas representadas pelas unidades geomorfológicas, foi utilizado a metodologia "**GOD**" (**G** – groundwater hydraulic confinement; **O** – overlaying strata; **D** – depth to groundwater table) Foster e Hirata (1988).

A estimativa do índice de vulnerabilidade "GOD", envolve as seguintes etapas:

1) identificar o grau de confinamento hidráulico do aquífero e atribuindo-lhe um índice a este parâmetro na escala de 0,0 a 1,0;

2) especificar as características do substrato que recobre a zona saturada do aquífero em termos de: (a) grau de consolidação e (b) tipo de litologia e assinalando um índice a este parâmetro em uma escala de 0,4 a 1,0;

3) estimar a distância ou profundidade ao nível da água (em aquíferos não confinados) ou profundidade do teto da camada do primeiro aquífero confinado e, assinalando um índice a este parâmetro em uma escala de 0,6 a 1,0.

O índice final integrado de vulnerabilidade de aquíferos "GOD" é o produto dos índices obtidos para cada um dos parâmetros, variando de 0,0 (desprezível) até 1,0 (extrema) (Figura 2).

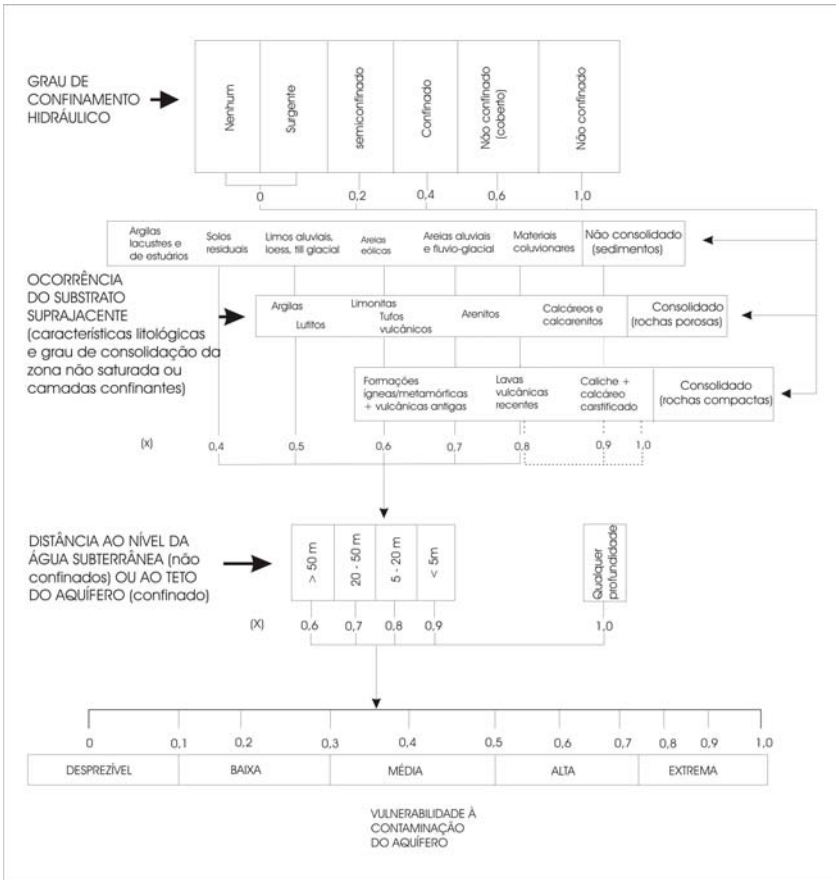

Figura 2. Metodologia "GOD" para definição de classes de vulnerabilidade à contaminação

Fonte: Foster e Hirata (1988)

Resultados

Elaborou-se, a partir dos dados fornecidos pelos poços profundos (coluna estratigráfica, vazão, níveis estático e dinâmico e profundidade) operados pela Companhia de Saneamento do Tocantins (SANEATINS) e pelas características hidrogeológicas predominantes do aquífero principal que abastece a cidade, uma carta de vulnerabilidade, associando os dados geológicos com a fisiografia do relevo.

Da integração das características de materiais de cobertura, da espessura das camadas confinantes e do nível potenciométrico da água subterrânea nos poços profundos, utilizando a metodologia "GOD" (figura 2), as classes predominantes de vulnerabilidade para Araguaína, são aquelas compreendidas entre os limites de 0,0 a 0,5 que correspondem às classes de vulnerabilidade desprezível a baixa.

Morfologicamente estas áreas correspondem às unidades correspondentes ao relevo tabular e às colinas convexizadas.

Referências

BOVOLATO, L.E. Avaliação das condições sanitárias das águas de poços rasos da área urbana de Araguaína e suas possíveis relações com o atual quadro de saúde pública. Dissertação de Mestrado. Unesp. Presidente Prudente, 1988.

BROLLO, J.M.; VEDOVELLO, R. e ODA, G.H. Avaliação da vulnerabilidade natural de aquíferos à contaminação através de um sistema gerenciador de informações geoambientais – Um instrumento de gestão ambiental. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. São Paulo, 2000.

CLARKE, R.; LAWRENCE, A.R. e FOSTER, S.S.D. Groundwater – a threatened resourse. UNEP Environmental Library, 15. 1995.

FOSTER, S.S.D.A e HIRATA, R.C.A. Groundwater polution risk evaluation: the metodology using available data. Lima: CEPIS/PAHO/WHO, 1998. 78p.

FOSTER, S.S.D.; MORRIS, B.L.; LAWRENCE, A.R. e CHILTON, P.J. Groundwater impacts and issues in developing cities – an introductory review. In Proceedings of the IHA XXVII Congress "Groundwater in the urban environment". Nottinham/Sept, 1999). II/IAH international contributions of hydrogeology, 1999, (Vol. 21, pp. 3 – 18).